



УДК 658.5:69.003
https://doi.org/10.23947/2949-1835-2022-1-3-4-15

Научная статья



Применение BIM-технологий на всех стадиях жизненного цикла строительного проекта

И. В. Новоселова ✉, **И. А. Чернявский**

Донской государственный технический университет, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1
✉ irina1000000@gmail.com

Аннотация

Введение. В существующих реалиях для выполнения задач строительных организаций в условиях ограниченности ресурсов, высокого уровня конкуренции и большой степени неопределенности рынка применение современных информационных технологий на всех фазах жизненного цикла инвестиционно-строительного проекта приобретает приоритетное значение.

Применение BIM-технологии возможно на всех этапах жизненного цикла строительного проекта. Это обуславливает его преимущество перед традиционными инструментами управления проектами. Использование BIM-технологий дает возможность на протяжении всего жизненного цикла проекта добавлять и аккумулировать информацию об объекте капитального строительства в информационной 3D-модели. В связи с этим возможно оптимизировать такие важные процессы управления, как планирование, проектирование, материально-техническое обеспечение, строительно-монтажные работы, пусконаладка оборудования и сдача законченного строительством объекта в эксплуатацию. Используя информационную модель, возможно контролировать и координировать ход выполнения работ на всех участках и фазах проекта.

Материалы и методы. В данном исследовании рассматривается возможность формирования и исполнения всех этапов реализации инвестиционно-строительных проектов, в том числе анализ и прогнозирование при последующей эксплуатации объекта, с применением BIM-технологий. Внедрение BIM-технологии при разработке инвестиционно-строительных проектов позволяет снизить риски ошибок, оперативно вносить изменения в проект и извлекать необходимые данные об объекте, а также существенно облегчить процесс контроля хода выполнения работ.

Результаты исследования. Управление строительным проектом на всех фазах жизненного цикла с использованием BIM-технологий включает пять основных стадий, которые позволяют экономить не только временные, но и финансовые ресурсы при реализации проектов. BIM-модель обеспечивает накопление информации об объекте в таком объеме и составе, на основе которого можно принимать своевременные управленческие решения, а также избегать неверных расчетов потребности во временных, трудовых, финансовых и других ресурсах, а также несоответствий между конструктивными элементами объекта и его инженерными коммуникациями.

Использование BIM-модели дает возможность точного планирования работы машин и механизмов, формирования актуальных графиков закупки материалов и оптимизации основных логистических процессов строительства и эксплуатации.

Обсуждение и заключения. В настоящее время среда и культура применения BIM-технологий в России развиты недостаточно, технологии не используются в полную силу. В большинстве отечественных проектов отсутствует интеграционное применение BIM. Переход на технологию BIM при реализации инвестиционно-строительных проектов в России еще займет некоторое время. Однако с учетом масштабов и сложности выполняемых проектов положительные результаты от внедрения BIM будут нарастать, привлекая все больше субъектов инвестиционно-строительной сферы к использованию современных технологий.

Применение BIM-технологии на всех этапах жизненного цикла строительных проектов будет способствовать значительному повышению уровня управления процессами, обеспечению высокого качества строительной продукции, снижению затрат и сокращению сроков строительства. Как важный способ информатизации в строительной отрасли, внедрение BIM-технологий во все этапы всего жизненного цикла объектов в значительной степени будет способствовать трансформации строительной отрасли.

Ключевые слова: инвестиционно-строительный проект, BIM-моделирование, управление проектом, строительная отрасль, информационная модель.

Для цитирования. Новоселова, И. В. Применение BIM-технологий на всех стадиях жизненного цикла строительного проекта / И. В. Новоселова, И. А. Чернявский // Современные тенденции в строительстве, градостроительстве и планировке территорий. — 2022. — Т. 1, № 3. — С. 4–15. https://doi.org/10.23947/2949-1835-2022-1-3-4-15

Original article

Application of BIM Technologies at All Stages of a Construction Project Life Cycle

Irina V. Novoselova ✉, **Ilya A. Chernyavsky**

Don State Technical University, Gagarin sq., 1, Rostov-on-Don, Russian Federation

✉ irina1000000@gmail.com

Abstract

Introduction. In the current realia of limited resources, high level of competition and high degree of market uncertainty the use of the modern information technologies at all stages of the construction investment project life cycle aimed at facilitating the construction companies in fulfilling their tasks becomes a priority. The implementation of BIM technologies is possible at all stages of a construction project life cycle. This is its advantage over traditional project management tools. The use of BIM technologies makes it possible to add and accumulate information about a capital construction facility in a 3D virtual model throughout the entire life cycle of the project. In this regard, it is possible to optimize such important managerial processes as planning, designing, supply chain management, building and erecting, equipment installment and commissioning of the completed facility. Thanks to using the virtual model, it is possible to control and coordinate the progress of works in all areas and at all stages of the project.

Materials and methods. This study considers the possibility of forming and executing all stages of the construction investment projects using BIM technologies, including analysis and forecasting of the facility's subsequent operation. The use of BIM technologies in the development of the construction investment projects makes it possible to reduce the risk of errors, quickly revise the design and extract the necessary data about the facility, as well as facilitate work progress monitoring.

Results. Life cycle management of a construction project using BIM technologies includes five main stages that save not only time but also financial resources required for implementing the project. The BIM model ensures the accumulation of information about the facility in a scope and composition appropriate for making timely managerial decisions, as well as helps to avoid incorrect calculations of time, labor, finance and other resources demand, the same as inconsistencies between the structural elements of a facility and its engineering infrastructure.

The use of a BIM model makes it possible to accurately plan the operation of machines and equipment, generate up-to-date schedules for procurement of materials and optimize the main logistics processes within construction and operation.

Discussion and conclusion. At present, the context and tradition of BIM technologies application in Russia are underdeveloped, their full potential is not used. In most domestic projects there is no integrate application of BIM. The

transition to application of BIM technologies in the construction investment projects in Russia will still require some time. However, taking into account the scale and complexity of ongoing projects, the positive effect of BIM technologies implementation will increase encouraging more and more participants of construction investment market to turn to the use of modern technologies. The use of BIM technologies at all stages of construction projects life cycle will significantly contribute to boosting the level of process management, ensuring the high quality of construction products, reducing costs and time of construction. The implementation of BIM technologies at all stages of facilities entire life cycle is an important aid which will greatly foster the transformation of the construction industry in the context of its digitalization.

Keywords: construction investment project, BIM technologies, project management, construction industry, information model.

For citation. I. V. Novoselova, I. A. Chernyavsky. Application of BIM Technologies at All Stages of a Construction Project Life Cycle. Modern Trends in Construction, Urban and Territorial Planning, 2022, vol. 1, no. 3, pp. 4–15. https://doi.org/10.23947/2949-1835-2022-1-3-4-15

Введение. Эффективное управление имеет решающее значение при реализации инвестиционно-строительных проектов на каждом из этапов их жизненного цикла [1]. При переходе к цифровой экономике особую актуальность приобретают инновации в области цифровой трансформации деятельности организаций строительной отрасли, позволяющие обеспечить выполнение инвестиционно-строительных проектов с обеспечением установленных сроков, стоимости и качества на всех этапах жизненного цикла, а также минимизировать возможные риски [2].

Традиционно в жизненном цикле строительного проекта выделяют пять основных этапов: инициирование, планирование, выполнение, мониторинг и управление, закрытие (рис. 1). Всеобъемлющая модель жизненного цикла проекта любого вида необходима для разработки плана его реализации от начальной стадии до полного завершения [3]. Этапы жизненного цикла различаются по продолжительности и интенсивности в зависимости от потребностей отдельного проекта.



Рис. 1. Основные фазы жизненного цикла строительного проекта (рисунок авторов)

В настоящее время схема организационно-технологического взаимодействия участников строительных проектов и их функциональные обязанности достаточно четко определены, поэтому все процессы, происходящие на различных этапах жизненного цикла проекта, логичны, т. к. имеется большой опыт их реализации [4].

С целью снижения рисков, неопределенности и повышения эффективности реализации инвестиционно-строительных проектов на современном этапе строительным компаниям полного цикла следует активно применять и внедрять в производство современные информационные технологии, в том числе технологии BIM-моделирования [5].

Материалы и методы. Использование информационных технологий при разработке инвестиционно-строительных проектов позволяет снизить риски ошибок, оперативно вносить изменения в проект и извлекать необходимые данные об объекте, а также существенно облегчает процесс контроля хода выполнения работ [6]. BIM-технологии применимы на всех этапах жизненного цикла строительного проекта, что обуславливает преимущество такого метода перед традиционными инструментами управления проектами.

Фактически суть BIM заключается в целостном и всестороннем цифровом моделировании всех свойств, касающихся здания, планирования процесса строительства, процессов обслуживания и использования. Кроме того, обеспечивается управление информацией на протяжении всего жизненного цикла объекта недвижимости, что имеет большое значение для реализации проекта и комплексного управления этапами реализации. Это сочетается с общей целью BIM по интеграции и поддержке всех вовлеченных экспертов, стремящихся к улучшению сотрудничества, для повышения эффективности реализации строительных проектов.

При использовании BIM-технологий информация об объекте капитального строительства на протяжении всего жизненного цикла может добавляться и аккумулироваться в информационной 3D-модели, что оптимизирует такие важные процессы управления, как планирование, проектирование, материально-техническое обеспечение, строительно-монтажные работы, пуско-наладку оборудования и сдачу законченного строительством объекта в эксплуатацию. При этом посредством использования информационной модели возможно контролировать и координировать ход выполнения работ на всех участках и фазах проекта.

BIM-технологии позволяют интегрировать информацию о проектах, имеющуюся у строительной фирмы, с новыми сведениями, появляющимися после перехода организации на BIM [7]. При использовании BIM-технологий выполняется обмен информационными ресурсами между существующими системами организации строительной сферы и информационной моделью. Таким образом, BIM-модель является источником всех необходимых данных для организации материально-технического снабжения, календарного планирования, внутрифирменной корпоративной организации и общего процесса управления инвестиционно-строительным проектом (рис. 2).



Рис. 2. Жизненный цикл строительного объекта согласно концепции BIM [8]

Результаты исследования. Ключевым элементом внедрения BIM-технологий является определение степени детализации информационной модели на каждом из этапов жизненного цикла инвестиционно-строительного проекта. BIM-модель должна обеспечивать накопление информации об объекте в таком объеме и составе, чтобы, опираясь на него, было возможно принимать своевременные управленческие решения [9].

Процесс создания объекта строительства по технологии BIM выделяет пять основных стадий, представленных на рис. 3. Таким образом, BIM-технологии уже на предпроектном этапе позволяют всем участникам инвестиционно-строительного проектирования лучше воспринимать строительный объект. Такая вовлеченность позволяет достичь высокого качества результатов реализации проекта, т. к. учитывает весь комплекс знаний и опыта экспертов.

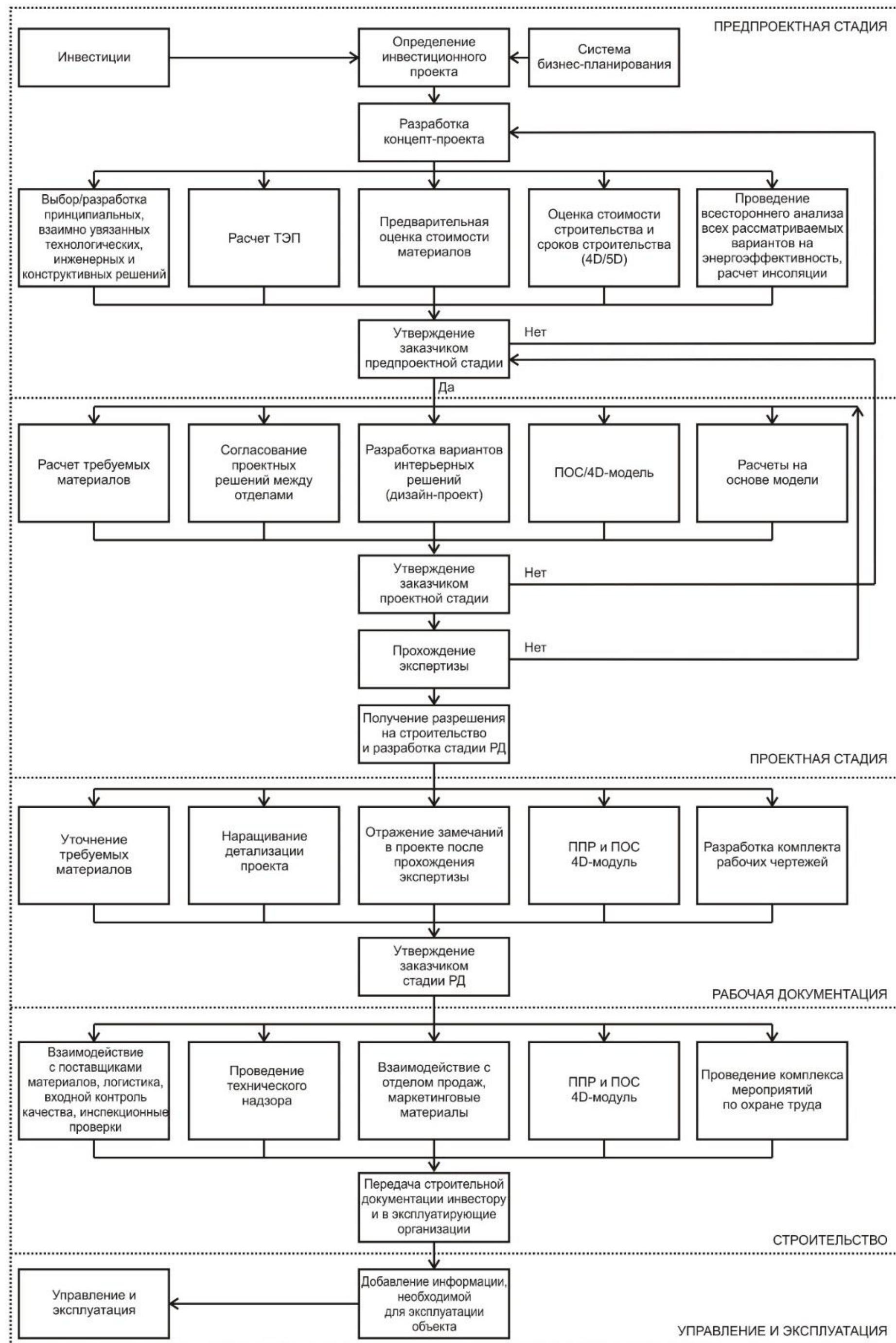


Рис. 3. Управление строительным проектом на всех фазах жизненного цикла с использованием BIM-технологий (рисунок авторов)

Традиционный подход к реализации инвестиционно-строительных проектов подразумевает преимущественно последовательное выполнение всех этапов жизненного цикла. Такой подход в случае внесения изменений в проект значительно увеличивает сроки выполнения проектных и строительно-монтажных работ [10]. При этом применение BIM-технологий позволяет организовать работу участников инвестиционно-строительного проекта в группе и на более высоком уровне, в том числе с возможностью оперативного отслеживания изменений проекта. Кроме того, ввиду высокой интеллектуальности программных ресурсов BIM по сравнению с 2D-системами, позволяют экономить не только временные, но и финансовые ресурсы при реализации проектов [11]. Например, использование современных информационных технологий на предпроектной стадии позволяет перенести на проектную стадию до 30 % информации, при этом использование традиционных информационных технологий подразумевает, что работа на проектном этапе начинается практически с нуля. Также различного рода «пересечения», ошибки и логистические нестыковки при работе с технологиями BIM можно отследить сразу, благодаря специальным инструментам, осуществляющим проверку, и 3D-моделям, что позитивно отражается на качестве выполнения инвестиционно-строительного проекта.

Несмотря на то, что в стоимости инвестиционно-строительного проекта на стадию проектирования приходится достаточно незначительная часть средств (около 5 % от общей стоимость проекта), ошибки, совершенные на этом этапе, приводят к значительным, в том числе незапланированным, затратам на более поздних этапах реализации инвестиционно-строительного проекта [12].

К наиболее распространенным ошибкам в проектах относятся неверные расчеты потребности во временных, трудовых, финансовых и других ресурсах, а также несоответствия между конструктивными элементами объекта и его инженерными коммуникациями (например, недостаток технологических отверстий для устройства инженерных сетей или их отсутствие) [13]. Такие коллизии зачастую являются следствием неэффективного организационного взаимодействия и коммуникации специалистов, выполняющих различные части и разделы проекта (инженеры, архитекторы, конструкторы).

В целях минимизации ошибок в разработке проекта и последующего сокращения разницы между запланированными и фактическими издержками на строительные работы, а также эксплуатации объекта капитального строительства на основе единой информационной модели может быть организована совместная работа всех специалистов, участвующих в разработке инвестиционно-строительного проекта.

Использование BIM-модели позволяет точно спланировать работу машин и механизмов на строительной площадке, сформировать актуальные графики закупки материалов и оптимизировать основные логистические процессы строительства и эксплуатации. По завершении строительных работ технологии BIM позволяют надлежащим образом сформировать сопутствующую исполнительную документацию, что в значительной степени упрощает процесс сдачи-приемки строительного объекта, ввиду наличия необходимых сведений об ответственных производителях каждого вида работ, а наличие комплекса данных о техническом состоянии объекта позволяет в последующем сократить стоимость его эксплуатации.

Обсуждение и заключения. Задачи процесса использования информационной модели на различных этапах жизненного цикла объекта капитального строительства должны быть выстроены следующим образом.

1. На предпроектной стадии при активном взаимодействии проектировщика и службы заказчика осуществляется сбор исходной информации, после чего заказчик формирует свои требования к проектной организации по созданию BIM-модели проекта и предоставляет техническое задание и приложение EIR (Employer Information Requirements) к нему, в котором отражается требуемая заказчиком информация с учетом формата и уровня проработки отдельных элементов (LOD). Именно уровень проработки устанавливает полноту BIM-модели, т. е. определенный объем информации, которая будет использоваться при решении задач

информационного моделирования на различных этапах жизненного цикла объекта [14]. Уровень проработки в обязательном порядке включает уровень геометрической проработки (LOD G) и уровень информационной проработки (LOD I). После предоставления проектировщику технического задания его задачами является разработка исполнительного плана информационной модели BEP (BIM Execution Plan), а также формирование рабочей среды с готовыми шаблонами, атрибутами, библиотеками. Исполнительный план проекта с использованием BIM-технологий отражает этапы, правила его реализации (структуру, название файлов), формирует контрольный список проверки информационной модели, определяет средства коммуникации и задачи участников проекта, устанавливает результаты проектирования и его рамки. Также на данном этапе устанавливается BIM-стандарт – документ, определяющий требования к процессу создания информационной модели проекта вместе со средой общих данных, а также взаимодействие заказчика с проектной организацией, подрядчиками, эксплуатирующей организацией.

Разработка инвестиционных решений является наиболее ответственным этапом на предпроектной стадии, на котором экономически и технически обосновываются различные варианты инвестирования, а после сравнения выбирается наилучший вариант [15]. Ошибка в принятии решения зачастую может принести предприятию невосполнимые убытки, поэтому этапу разработки инвестиционного обоснования проекта необходимо уделять особое внимание. Содержание этапа инвестиционного обоснования является основой для определения стоимости проекта, а правильные инвестиционные решения требуют точного понимания состава и объема затрат по каждому варианту. Поэтому, исходя из технической осуществимости, важно выполнить оценку инвестиций для каждого возможного варианта реализации проекта. Использование электронно-табличных архивов в данном случае получило широкую популярность, но по многим причинам объем данных, которые можно накапливать в них, невелик. В информационную модель же включаются большие объемы данных о затратах, которые можно сравнить непосредственно в программном обеспечении и визуализировать. Стоимость и общий объем работ могут быть рассчитаны для нескольких направлений затрат. На основе этой процедуры принятие инвестиционных решений упрощается, позволяя намного эффективнее реализовывать инвестиционно-строительный проект.

2. На этапе проектирования использование BIM-моделирования в разы повышает качество выполнения работ, по сравнению с традиционным проектированием, за счет высокой междисциплинарной координации, а также дает возможность создавать точные спецификации конструкций, материалов, объемов выполняемых работ и, что важно, выполнить расчет энергоэффективности здания с последующим определением его класса [16]. Но главная задача BIM-проектирования на данном этапе — это непосредственно создание цифровой информационной модели объекта капитального строительства с одновременным формированием проектной, рабочей документации, а также архитектурных буклетов с параметрической моделью объекта, внедренной в существующую окружающую обстановку. После создания информационной модели заказчик совместно с проектировщиком проводят ее комплексный анализ с исправлением коллизий элементов объекта. Одновременно с этим проектная организация осуществляет проработку графиков производства работ и разработку 4D-BIM-модели самого процесса строительства при помощи атрибута времени, после чего цифровая информационная модель проходит экспертизу, согласно которой вносятся изменения в соответствии с замечаниями экспертизы. Завершается этап проектирования созданием спецификаций, ведомости объемов работ и сметных расчетов. В среде общих данных на данном этапе в обязательном порядке формируются четыре области, через которые последовательно проходят проектные данные:

- рабочие данные — локальные данные, которые используются отдельной дисциплинарной группой проектировщиков;
- общие данные — данные для согласования проектных промежуточных решений и междисциплинарной координации;

– опубликованные данные — утвержденные проектные данные, предназначенные для передачи заказчику с последующим согласованием;

– архивные данные, в которых хранятся все версии проекта в соответствии с регламентами в организации.

Предпроектная стадия и проектирование являются ключевыми этапами применения BIM-технологий. Именно на этих этапах формируется основной объем информации, выполняется визуализация модели, строится параметрический трехмерный физический образ здания. Параметрическая модель объекта позволяет обнаруживать коллизии на этапе проектирования, чтобы избежать возникновения проблем во время фактического строительства. Таким образом, это не только повышает эффективность проектирования, но и экономит трудовые ресурсы, а также оказывает положительное влияние на последующее управление процессом строительства.

3. На этапе строительства объекта цифровая информационная модель используется для контроля за процессом возведения объекта, осуществления контроля за своевременностью сроков строительства, выявления отступлений и выполнения расчетов необходимых ресурсов [17]. Для качественного выполнения работ подрядчик использует на строительной площадке цифровую информационную модель и при этом дополняет ее новыми деталями и элементами, рассчитывает объемы требуемых строительных материалов, координирует готовность объекта согласно модели и проводит ее увязку с графиком производства работ. Заказчик в свою очередь осуществляет контроль выполненных дополнений подрядчика в соответствии с нормативными документами и согласовывает эти изменения с проектной организацией, которая выполняет проверку изменений на соответствие их техническим регламентам, а также осуществляет авторский надзор за выполнением проектных решений с использованием BIM-модели. Также необходимо отметить, что неотъемлемой частью использования цифровой информационной модели на строительной площадке является осуществление подрядчиком исполнительной съемки фактически выполненных работ, смонтированных инженерных систем, оборудования с последующим внедрением результатов сканирования в информационную модель, в результате чего формируется исполнительная цифровая информационная модель строящегося здания.

4. На этапе эксплуатации объекта капитального строительства цифровая информационная модель передается в распоряжение эксплуатирующей организации, в результате чего она становится главным BIM-менеджером после ввода объекта в эксплуатацию. На этом этапе также происходит трансформация BIM-модели, в которую вносится большое количество новых изменений и дополнений в процессе эксплуатации здания, например, при плановом, капитальном ремонте, реконструкции, модернизации. Итогом является цифровая информационная эксплуатационная модель объекта капитального строительства, при помощи которой возможно осуществлять прогноз затрат на выполнение ремонтных работ, замену оборудования и различных расходных элементов, а также контроль за состоянием конструктивных элементов, инженерного оборудования с помощью организации связи эксплуатационной информационной модели с соответствующими датчиками. Важно отметить, что стоимость технического обслуживания является основной статьей расходов фазы эксплуатации, а качество и регулярность технического обслуживания напрямую влияет на срок службы строительных изделий [18]. Информация, предоставляемая BIM-моделью, помимо того, что помогает в разы экономить финансы, также может быть использована для составления плана технического обслуживания, поиска расположения скрытых систем здания, при регулировании энергопотребления объекта путем анализа и сравнения различных альтернатив. Информация об инженерном оборудовании зданий, хранящаяся в информационной модели, также полезна для создания базы данных, необходимой для текущего профилактического обслуживания.

BIM-модель обеспечивает информацией организации, занимающие большие офисные площади, с целью управления пространством и занятостью. Интегрируя данные о зданиях с данными о человеческих ресурсах, строительная фирма может оптимизировать размещение рабочих мест и значительно сократить расходы на аренду и содержание недвижимости [19].

Важно отметить, что весь процесс использования BIM-технологий на всех этапах жизненного цикла строительного проекта, включая проектирование, строительство и эксплуатацию, представляет собой непрерывный процесс оптимизации. При этом можно выделить три ограничивающих оптимизацию фактора: недостаток информации, сложность и время. Без надежных данных не может быть требуемого результата оптимизации. Цифровая информационная модель включает в себя реальную информацию о здании, такую как геометрическая информация, физическая информация, фактическое состояние строительного объекта после изменения. Уровень сложности современных проектов настолько велик, что для их выполнения требуется помощь современных технологий. Сложные современные проекты могут быть оптимизированы с использованием BIM. Например, как было отмечено ранее, влияние модификаций проекта на экономическую эффективность инвестиций может быть определено в режиме реального времени путем слияния проектных решений с анализом рентабельности инвестиций. Таким образом, выбор схемы проектирования будет основываться не столько на оценке формы, сколько на определении того, какой вариант реализации проекта в наибольшей степени соответствует требованиям заказчика.

В настоящее время BIM-технологии активно применяются в основном на предпроектной стадии, стадии проектирования и частично на этапе строительства, но при этом они не нашли должного применения на этапе эксплуатации. Таким образом, в большинстве отечественных проектов отсутствует интеграционное применение BIM, в результате возможности таких технологий не используются в полную силу. Совершенная BIM-система должна иметь возможность связывать данные, процессы и ресурсы на разных этапах всего жизненного цикла инвестиционно-строительного проекта, чтобы обеспечить среду комплексного управления, совместную работу и возможность принятия решений для всех участников проекта.

В настоящее время малые и средние предприятия строительной сферы в России, экономя на программном обеспечении, не проявляют интерес в отношении применения BIM-технологий. Отсутствие среды и культуры применения BIM-технологий в России связанно также с неразвитостью единых стандартов применения BIM и их неясной правовой ситуацией. Вследствие этого необходимо установить соответствующие правовые нормы и стандарты для решения таких проблем, как претензии, споры и другие вопросы, возникающие при реализации инвестиционно-строительных проектов, в том числе в области определения права собственности на модель BIM, а также ответственности при возникновении ошибок применения BIM-технологий на этапе строительства для всех участников строительного процесса. Возможным решением этой проблемы может послужить разработка отраслевых стандартов BIM, унифицированных спецификаций и соответствующих законов с уточнением юридической ответственности и прав интеллектуальной собственности. Наряду с этим повысить культуру применения BIM-технологий возможно путем привлечения организаций профильного профессионального образования, а также осуществления подготовки заказчиков и подрядчиков для использования цифровых информационных моделей. Также стоит отметить, что недостаток организованного управления информационной моделью наблюдается и в доработанных построенных объектах при разрешении вопросов их перепрофилирования и реконструкции, что обуславливает необходимость расширения возможностей использования BIM-технологий собственниками объектов недвижимости.

Переход при реализации инвестиционно-строительных проектов в России на технологию BIM еще займет некоторое время [20]. Однако с учетом масштабов и сложности выполняемых проектов положительные

результаты от внедрения BIM будут нарастать, привлекая все больше субъектов инвестиционно-строительной сферы к использованию современных технологий. В целом, применяя BIM-технологии на всех этапах жизненного цикла строительных проектов, можно значительно повысить уровень управления ими, обеспечить высокое качество строительной продукции, снизить затраты и сократить сроки строительства. Как важный способ информатизации в строительной отрасли, внедрение BIM-технологий во все этапы всего жизненного цикла объектов в значительной степени будет способствовать трансформации строительной отрасли.

Разработчикам программного обеспечения BIM следует активно взаимодействовать со строительными организациями, использующими BIM-технологии на практике, для изучения методов управления BIM на протяжении всего жизненного цикла объектов, в целях адаптации к рыночным условиям и улучшения опыта управления посредством постоянной практики.

BIM-моделирование как основной инструмент управления жизненным циклом инвестиционно-строительного проекта вносит беспрецедентные изменения в строительную отрасль и может централизовать все виды информации об объекте капитального строительства на протяжении всего жизненного цикла с использованием цифровой информационной модели. Однако применение несовершенных отраслевых стандартов и отсутствие интегрированного опыта управления ограничивает внедрение BIM в полной мере как в России, так и в других странах мира.

Библиографический список

1. Гиря, Л. В. Анализ сферы управления проектами строительной деятельности / Л. В. Гиря, Т. Ш. Ахобадзе, Е. П. Попов, Е. В. Коренюгина, И. А. Ягода // Инженерный вестник Дона. — 2020. — № 11. — С. 56–63.

2. Zelentsov, L. B. The budget development processes’ formalization for a construction project based on digital technologies / L. B. Zelentsov, L. D. Mayilyan, M. S. Shogenov // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. — 2020. — Vol. 913. — P. 052005. DOI 10.1088/1757-899X/913/5/052005.

3. Kluchnikova, O. Application of strategic management principles as tool to improve quality of construction technological process / O. Kluchnikova, O. Pobegaylov // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. — 2017. — Vol. 262. — P. 012075. 10.1088/1757-899X/262/1/012075

4. Sheina, S. “Smart City”: comfortable living environment / S. Sheina, A. Fedorovskaya, K. Yudina // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. — 2018. — Vol. 463. — P. 032095. DOI 10.1088/1757-899X/463/3/032095.

5. Томашук, Е. А. Влияние факторов рисков и неопределенности на работу строительного производства/ Е. А. Томашук, Д. В. Шишкунова // Научное обозрение. — 2013. — № 11. — С. 165–168.

6. Sheina, S. Integration of BIM and GIS technologies for sustainable development of the construction industry / S. Sheina, K. Chubarova, D. Dementeev, A. Kalitkin // Lecture Notes in Networks and Systems. — 2022. — Pp. 1303–1311. — DOI 10.1007/978-3-031-11058-0_132.

7. Mishchenko, A. V. BIM implementation of a full life cycle of building / A. V. Mishchenko, E. P. Gorbaneva, M. A. Preobrazhensky, V. Y. Mishchenko // AIP Conference Proceedings. — 2022. — Vol. 2559. — P. 040006. DOI 10.1063/5.0099692.

8. Лушников, А. С. Проблемы и преимущества внедрения BIM-технологий в строительных компаниях / А. С. Лушников // Вестник гражданских инженеров. – 2015. — № 6 (53). — С. 252–256.

9. Кравченко, Г. М. Информационное моделирование объекта параметрической архитектуры / Г. М. Кравченко, Е. В. Труфанова, В. Г. Кочура // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. — 2019. — № 1 (201). — С. 17–22.

10. Баркалов, С. А. Модели функционирования исполнителей коммерческих проектов / С. А. Баркалов, С. Г. Шеина, Р. Д. Зильберов // Интернет-журнал «Науковедение». — 2014. — № 2 (21). — С. 4.

11. Шеина, С. Г. Исследование этапов развития BIM-технологий в мировой практике и России / С. Г. Шеина, К. С. Петров, А. А. Федоров // Строительство и техногенная безопасность. — 2019. — № 14 (66). — С. 7–14.

12. Ivanova, D. G. The investment process features in housing construction of municipalities / D. G. Ivanova, O. E. Ivanova, S. A. Sukhinin // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. — 2020. — Vol. 913. — P. 052017. DOI 10.1088/1757-899X/913/5/052017.

13. Zilberova, I. Actual problems of management quality control of a construction company / I. Zilberova, K. Petrov, M. Artsishevsky // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. — 2020. — Vol. 753. — P. 042020. DOI 10.1088/1757-899X/753/4/042020.

14. Kravchenko, G. Digital models of parametric structures / G. Kravchenko, L. Panasyuk, E. Trufanova, L. Pudanova // Journal of Physics: Conference Series. — 2021. — Vol. 2131. — P. 022118. DOI 10.1088/1742-6596/2131/2/022118.

15. Лушников, А. С. Оценка эффективности использования технологий информационного моделирования при реализации инвестиционно-строительных проектов / А. С. Лушников // Вестник гражданских инженеров. — 2016. — № 5 (58). — С. 186–194.

16. Sevryukova, K. S. Factor systems simulation at all phases of an energy-efficient project life cycle / K. S. Sevryukova, E. P. Gorbaneva, V. Y. Mishchenko // AIP Conference Proceedings. — 2022. — Vol. 2 559. — P. 040009. DOI 10.1063/5.0099693.

17. Zilberova, I. Yu. The influence of the technological and organizational factors on the construction process / I. Yu. Zilberova, K. S. Petrov, A. N. M. Al Fatla // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. — 2020. — Vol. 913. — P. 042019. DOI 10.1088/1757-899X/913/4/042019.

18. Girya, L. Organizational and technological computeraided process of real estate management / L. Girya, E. Zorenko, N. Ulianov, D. Egorov, A. Nechepurenko // E3S Web of Conferences. — 2021. — Vol. 263. — P. 04032. DOI 10.1051/e3sconf/202126304032.

19. Tsopa, N. V. The mechanism for managing the business potential of commercial real estate projects // N. V. Tsopa, L. S. Kovalskaya, V. V. Malachova // Materials Science Forum. — 2018. — Vol. 931. — Pp. 1220–1226. DOI 10.4028/www.scientific.net/MSF.931.1220.

20. Зильберова, И. Ю. Методологические основы организационно-технологической подготовки возведения объектов строительства / И. Ю. Зильберова, В. Д. Маилян, М. Д. Арцишевский // Инженерный вестник Дона. — 2019. — № 8. — С. 41.

Поступила в редакцию 20.11.2022

Поступила после рецензирования 25.11.2022

Принята к публикации 30.11.2022

Об авторах:

Новоселова Ирина Валерьевна — старший преподаватель кафедры «Городское строительство и хозяйство» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), ORCID, irina1000000@gmail.com

Чернявский Илья Александрович — магистрант кафедры «Городское строительство и хозяйство» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), ORCID, cross_fire_26rus@mail.ru

Заявленный вклад авторов:

И. В. Новоселова — формирование основной концепции, цели и задачи исследования, научное руководство, доработка текста, корректировка выводов. И. А. Чернявский — подготовка текста, анализ результатов исследований, формирование выводов.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.